

DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE DE LA PROTEINA Y AMINOÁCIDOS DE LA TORTA DE CANOLA EN LECHONES RECIÉN DESTETADOS

APPARENT ILEAL DIGESTIBILITY OF PROTEIN AND AMINOACIDS OF CANOLA MEAL IN RECENTLY WEANED PIGLETS

Gerardo Mariscal L¹, Ph.D, Tércia Reis de S², Ph.D, Jaime Parra S^{3*}, M.Sc.

¹Centro Nacional de Investigación en Fisiología Animal (CENI-Fisiología), Km 1 Carretera a Colón, Ajuchitlán Colón, Querétaro, México. ²Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, México. ³Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal, Grupo BIOGEM, Medellín. *Correspondencia: jeparrasu@unal.edu.co

Recibido: Abril 4 de 2008; Aceptado: Diciembre 5 de 2008

RESUMEN

Objetivo. Obtener los coeficientes de digestibilidad ileal aparente (CDIA) de proteína (PC) y aminoácidos (AA) de torta de canola, en lechones recién destetados. **Materiales y métodos.** Se utilizaron 24 lechones destetados a los 17 días de edad con un peso de 5.5 kg, a los cuales se les fijó una cánula simple en "T" en el ileon distal. Los lechones recibieron uno de los siguientes tratamientos: Dieta de Referencia (C) elaborada con caseína y almidón de maíz; dietas CTC (caseína-10% de Torta de canola) y CTCP (caseína- 10% de torta de canola peletizada). **Resultados.** Los CDIA de PC y AA de la dieta C fueron superiores ($p < 0.05$), con excepción de algunos aminoácidos de CTCP que tuvieron CDIA similares ($p > 0.05$) a C. No se observó un efecto ($p > 0.05$) del periodo (tiempo posdestete) sobre los CDIA de la PC y AA, exceptuando al aminoácido metionina. Los CDIA del nitrógeno (N) y AA de TCP fueron mayores ($p < 0.05$) que los de TC. **Conclusiones.** La TCP puede ser incluida en dietas de lechones en un 10% empleando los coeficientes reportados en este trabajo.

Palabras clave: Lechones, canola, aminoácidos, digestibilidad ileal.

ABSTRACT

Objective. To obtain apparent ileal digestibility coefficients (AIDC) of protein (CP) and aminoacids (AA) of canola meal in weaned piglets. **Materials and methods.** A simple "T"

cannula was inserted at the distal ileum level of 24 weaned 17-day-old, 5.5 kg piglets. The piglets were assigned to one of 3 treatments: Reference diet (C) made with casein and corn meal; CCM diet (casein-10% canola meal); and CPCM (casein-10% pelleted canola meal). **Results.** The AIDC of CP and AA from diet C were superior ($p < 0.05$), except for some CPCM amino acids which had similar AIDC ($p > 0.05$) to C. No effect of post weaning time was observed ($p > 0.05$) on CP and AA AIDC, except for methionine. Nitrogen and AA AIDC from PCM were greater ($p < 0.05$) than those of CM. **Conclusions.** 10% PCM diets in piglets can be implemented using coefficients reported in this paper.

Key words: Piglets, canola, amino acids, ileal digestibility.

INTRODUCCIÓN

La canola o colza se desarrolló a partir de la colza (*Brassica napus* y *Brassica campestris/rapa*) con el fin de obtener menores niveles de ácido eurúico (<2%) en la porción aceitosa y bajos niveles de glucosinolatos (<30 μ mol-g⁻¹) en la porción de la pasta (1). La torta de canola después de la extracción del aceite queda con un alto porcentaje de 35-40% de proteína cruda (2), la cual se caracteriza por tener un menor contenido de lisina y un mayor contenido de aminoácidos azufrados (metionina y cistina) que el de la torta de soya (3). Su utilización se vuelve estratégica cuando los precios de la pasta de soya son altos. Su contenido de FDN es mayor que el de la torta de soya, debido a que la cascarilla de la semilla está presente en la torta. Representa casi el 30% de la misma y ocasionando que el contenido de energía digestible de la torta de canola sea menor (2.6 vs 3.4 Mcal-kg⁻¹) que el de la torta de soya (4).

La torta de canola es una fuente proteica que se utiliza ampliamente en la alimentación del cerdo en crecimiento (2,5), y su empleo está apoyado en la publicación de los coeficientes de digestibilidad ileal de la proteína (6-9). La torta de canola también puede ser utilizada en la alimentación de lechones destetados (10), sin embargo, en la actualidad no existen reportes de la digestibilidad de su proteína en lechones.

El objetivo del presente trabajo fue determinar los coeficientes de digestibilidad ileal aparente (CDIA) de la proteína (PC) y aminoácidos (AA) de torta de canola en lechones y estimar la viabilidad de su empleo en esa fase de alimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio y fuentes de proteína. El experimento se realizó en la unidad metabólica de la granja experimental del Centro Nacional de Investigación en fisiología (CENI). Como fuentes de proteína se emplearon caseína (proteína de referencia) y torta de canola, la cual se obtuvo de un lote de semilla procesado por la empresa "Fábrica de Jabón La Corona". Una parte de la torta de canola se peletizó en la planta de la Unión Ganadera Regional de Porcicultores del Estado de Guanajuato (UGRPEG). Finalmente la torta de canola (TC) y torta de canola paletizada (TCP) se molieron en un molino de martillos utilizando una criba de 3mm. La composición química de la caseína y de las tortas de canola se muestran en la tabla 1.

Animales. Se utilizaron 24 lechones Duroc x Landrace destetados a los 17 \pm 0.5 días de edad, con un peso de 5.5 \pm 0.9 kg. Los lechones se alojaron individualmente en jaulas metabólicas provistas de comedero de tolva y bebedero de chupón localizadas en un cuarto con temperatura controlada a 26 \pm 2°C. Entre los días 17 y 20 de edad con la finalidad de que los lechones comenzaran a comer alimento sólido y se modificara lo menos posible su perfil enzimático de animal lactante, se les proporcionó tres veces al día (0800, 1300 y 1800 h) una mezcla de leche en polvo (80%) y almidón de maíz (20%). El día 21 de edad se les implantó quirúrgicamente una cánula simple en "T" en el íleon distal (11). A partir del día posterior a la cirugía se les proporcionó uno de tres tratamientos (Tabla 2), los cuales fueron: dieta de referencia (C) con 200 g de PC kg⁻¹ de

Tabla 1. Composición química de las materias primas empleadas^a.

	Caseína	Torta de Canola	Torta de Canola Peletizada
Materia Seca	904.1	929.3	934.2
N	144.6	60.4	60.4
Aminoácidos esenciales			
Lisina	60.4	19.9	20.0
Arginina	31.6	23.0	23.4
Histidina	21.8	8.7	8.7
Leucina	83.8	27.0	27.6
Isoleucina	49.3	14.9	14.8
Valina	64.6	20.6	20.4
Fenilalanina	43.9	15.9	16.2
Metionina	25.8	7.2	7.4
Threonina	41.4	16.2	15.8
Aminoácidos no esenciales			
Acido aspártico	63.8	27.9	28.2
Acido glutámico	208.0	70.5	71.0
Serina	48.1	14.2	13.9
Glicina	14.5	18.7	19.2
Alanina	25.8	16.6	17.0
Tirosina	47.9	10.2	10.7
Cistina	5.3	9.3	9.6
Prolina	92.4	26.5	26.9

^aEn g kg⁻¹ de Materia prima. Los valores reportados fueron medidos en el trabajo.)

alimento, utilizando caseína como única fuente de proteína y lactosa cristalina como fuente de lactosa. Dieta caseína-torta de canola (CTC) y dieta caseína-torta de canola peletizada (CTCP). Estas dietas se conformaron con la dieta de referencia, en la cual se incluyeron 100 g de torta de canola que sustituyeron 100 g de caseína y almidón de maíz. La relación de caseína a sustituir se estableció en función del aporte de proteína de la torta de canola.

El nivel de inclusión de torta de canola (100 g kg⁻¹ de alimento) se determinó en función de lo reportado por Baidoo et al (12), quienes concluyeron que con niveles mayores de inclusión se afecta negativamente el consumo de alimento en lechones. Todas las dietas contenían almidón y aceite de maíz, carbonato de calcio, ortofosfato, sal y premezcla de vitaminas y minerales. Se utilizó el óxido de cromo como marcador de digestibilidad y se incluyó a razón de

3 g kg⁻¹, y el óxido de zinc a un nivel de 4 g kg⁻¹ de alimento. Las dietas experimentales se proporcionaron durante catorce días a partir del día 22 en horarios previamente establecidos. El agua se proporcionó a voluntad a través de un bebedero de chupón localizado en la pared de la jaula metabólica. Los periodos de obtención de la digesta ileal fueron: periodo 1 (P1) los días 28 y 29 de edad; y periodo 2 (P2) a los 35 y 36 días de edad.

Preparación de muestras y análisis químicos. Las muestras de digesta del experimento se liofilizaron y posteriormente se molieron a través de una malla de 0.5 mm en un molino de laboratorio (Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA). Los análisis que se realizaron en las dietas experimentales y en las muestras de digesta ileal fueron: MS (materia seca) y PC de acuerdo a los métodos 934.01 y 976.05 del AOAC (13), y óxido de cromo según Fenton y Fenton (14). La

Tabla 2. Composición de las dietas experimentales en g kg⁻¹ de alimento

Tratamientos ¹	C	CTC	CTCP
Caseína	221.3	180.0	180.0
Pasta de Canola		100.0	
Pasta de Canola Peletizada			100.0
Lactosa	126.3	126.3	126.3
Aceite de maíz	40.0	40.0	40.0
Ortofosfato	37.1	37.1	37.1
Cloruro de sodio	6.3	6.3	6.3
Vitaminas ²	3.6	3.6	3.6
Minerales ³	1.2	1.2	1.2
Oxido de Zinc	4.0	4.0	4.0
Antioxidante ⁴	0.2	0.2	0.2
Oxido de Cromo	3.0	3.0	3.0
Antibiótico	3.0	3.0	3.0
Proteína g kg ⁻¹	203.5	207.3	205.0
ED MJ kg ⁵	16.5	16.0	16.0

¹C= Dieta de Referencia, CTC= Dieta Caseína-Torta de Canola, CTCP= Dieta Caseína-Torta de Canola Peletizada. ²Complemento vitamínico que proporciona por kilogramo de dieta de lechones: Vitamina A 10,200 UI, D 1,980 UI, E 60 UI, Vitamina K 1.20 mg, Colina 967 mg, Niacina 36 mg, Acido Pantoténico 17 mg, Riboflavina 7.2 mg, Vitamina B₁₂ 38 µg, Tiamina 0.30 mg, Piridoxina 0.31 mg, Biotina 0.08 mg, Ácido fólico 0.75 mg.

³Complemento mineral que proporciona por kilogramo de dieta de lechones: Cu 14.4 mg, I 800 mg, Fe 105 mg, Mn 36 mg, Se 0.3 mg, Zn 144 mg.

⁴ANTI-OX-HP, Compagnie Chimique d'Aquitaine.

⁵Estimado de tablas del INRA, (1984).

preparación de las muestras para la determinación de AA se realizó según el método 994.12 del AOAC (13), el cual consiste en hidrolizar las muestras a 110°C durante 24 h en HCl 6N; en el caso de metionina y cisteína se realizó una oxidación previa con ácido per fórmico. Los análisis de AA se realizaron por medio de cromatografía en fase reversa según el método descrito por Henderson et al (15), en un HPLC Hewlett Packard, modelo 1100.

Análisis de los datos. Cálculos para estimar los CDIA del N y AA de las dietas experimentales.

Los CDIA de la MS, PC y AA de las dietas experimentales se calcularon empleando la

siguiente ecuación:

$$CDIA = 1 - [(I_D \times A_F)/(A_D \times I_F)] \quad (1)$$

Donde CDIA es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de un nutrimento en la dieta, I_D es la concentración del indicador en la dieta (mg kg⁻¹ de MS), A_F es la concentración del nutrimento en la digesta ileal (mg kg⁻¹ de MS), A_D es la concentración del nutrimento en la dieta (mg kg⁻¹ de MS), I_F es la concentración del indicador en la digesta ileal (mg kg⁻¹ de MS).

Estimación de los CDIA de las tortas de canola obtenidas por el método diferencia.

La caseína se utilizó como ingrediente basal para estimar por el método de diferencia los CDIA de las tortas de canola (ingredientes ensayo), según el método propuesto por Fan y Sauer (6).

$$CDIA_{NA} = [CDIA_{DA} - (CDIA_{DB} \times L_{NB})]/L_{NA} \quad (2)$$

Donde CDIA_{NA} es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de un nutrimento en el ingrediente ensayo. CDIA_{DA} es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la dieta ensayo. CDIA_{DB} es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la dieta basal. L_{NB} es el nivel de contribución de un nutrimento del ingrediente basal a la dieta ensayo (en proporción decimal), y L_{NA} es el nivel de contribución de un nutrimento del ingrediente ensayo a la dieta ensayo (en proporción decimal).

Análisis estadísticos. Los datos de los CDIA del N y AA del experimento se analizaron de acuerdo a un modelo en parcelas divididas en el tiempo, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadísticos SAS (16).

RESULTADOS

Digestibilidad ileal aparente de las dietas experimentales. Los resultados se muestran en la tabla 3. Los CDIA de PC y

Tabla 3. Coeficientes de digestibilidad ileal aparente de las dietas experimentales

Tratamientos ¹	C	CTC	CTCP	EEM	P1	P2	EEM
Materia Seca	0.866 ^a	0.721 ^b	0.799 ^c	0.009	0.794	0.796	0.006
N	0.862 ^a	0.766 ^b	0.839 ^c	0.006	0.822	0.824	0.004
Aminoácidos esenciales							
Lisina	0.950 ^a	0.826 ^b	0.895 ^c	0.006	0.890	0.890	0.004
Arginina	0.879 ^a	0.763 ^b	0.862 ^b	0.008	0.828	0.840	0.006
Histidina	0.932 ^a	0.784 ^b	0.875 ^c	0.008	0.862	0.865	0.006
Leucina	0.926 ^a	0.806 ^b	0.879 ^c	0.009	0.871	0.869	0.006
Isoleucina	0.897 ^a	0.776 ^b	0.868 ^c	0.008	0.843	0.851	0.005
Valina	0.906 ^a	0.794 ^b	0.865 ^c	0.008	0.854	0.856	0.006
Fenilalanina	0.922 ^a	0.814 ^b	0.883 ^c	0.006	0.870	0.875	0.004
Metionina	0.936 ^a	0.810 ^b	0.904 ^c	0.007	0.894 ^A	0.874 ^B	0.005
Treonina	0.863 ^a	0.752 ^b	0.855 ^b	0.007	0.828	0.819	0.005
Aminoácidos no esenciales							
Acido aspártico	0.874 ^a	0.792 ^b	0.874 ^a	0.005	0.843	0.850	0.003
Acido glutámico	0.919 ^a	0.787 ^b	0.879 ^c	0.006	0.858	0.865	0.004
Serina	0.884 ^a	0.755 ^b	0.853 ^c	0.007	0.832	0.829	0.005
Glicina	0.835 ^{ab}	0.795 ^b	0.873 ^a	0.010	0.839	0.829	0.007
Alanina	0.862 ^a	0.748 ^b	0.860 ^a	0.011	0.821	0.825	0.008
Tirosina	0.945 ^a	0.809 ^b	0.887 ^c	0.009	0.876	0.885	0.007
Cistina	0.762 ^a	0.756 ^a	0.845 ^b	0.010	0.783	0.793	0.007
Prolina	0.916 ^a	0.807 ^b	0.891 ^c	0.006	0.872	0.871	0.004

¹C= Dieta de Referencia, CTC= Dieta Caseína-Torta de Canola, CTCP= Dieta Caseína-Torta de Canola Paletizada, P1 = Período 1 (primera semana posdestete), P2 = Período 2 (segunda semana posdestete). EEM= Error Estándar de la Media. ^{abc} = Diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$). ^{AB} = Diferencias entre períodos ($p < 0.05$)

AA de la dieta C fueron superiores ($p < 0.05$) que los de las dietas CTC y CTCP, con excepción de cistina ($p < 0.05$) que tuvo un CDIA superior (0.845) en la dieta CTCP que en las otras dietas (0.762 y 0.756 para las dietas C y CTC respectivamente), y de los AA arginina, treonina, ácido aspártico, glicina y alanina los cuales tuvieron CDIA similares ($p > 0.05$) a los de la dieta C.

Con excepción de metionina que tuvo un menor CDIA en P2 (0.894 vs 0.874 para P2 y P1 respectivamente), no se observó un efecto ($p > 0.05$) del periodo (tiempo posdestete) sobre los CDIA de la PC y AA.

Digestibilidad ileal aparente de las materias primas. Los resultados se muestran en la tabla 4. Los CDIA del N y AA de la dieta C fueron mayores ($p < 0.05$) que los de las dietas TC y TCP, exceptuando los AA arginina, treonina, ácido aspártico y alanina, los cuales fueron similares para C y TCP ($p > 0.05$), y para glicina y cisteína los cuales fueron similares para C y TC ($p > 0.05$).

En general los CDIA de TC fueron bajos ($p < 0.05$), los de TCP fueron intermedios, y los de C fueron altos ($p < 0.05$). No se encontró efecto ($p > 0.05$) de periodo sobre los CDIA, excepto para lisina, la cual tuvo un bajo ($p < 0.05$) CDIA durante P2 (0.700 vs 0.745 para P2 y P1 respectivamente).

Tabla 4. Coeficientes de digestibilidad ileal aparente de las materias primas.

Materias primas¹	C	TC	TCP	EEM	P1	P2	EEM
Materia Seca	0.862 ^a	0.441 ^b	0.731 ^c	0.027	0.694	0.674	0.019
N							
Aminoácidos esenciales							
Lisina	0.950 ^a	0.472 ^b	0.731 ^c	0.021	0.745 ^A	0.700 ^B	0.015
Arginina	0.879 ^a	0.650 ^b	0.850 ^a	0.015	0.788	0.803	0.011
Histidina	0.932 ^a	0.470 ^b	0.762 ^c	0.023	0.726	0.724	0.016
Leucina	0.926 ^a	0.449 ^b	0.763 ^c	0.031	0.747	0.696	0.021
Isoleucina	0.897 ^a	0.499 ^b	0.807 ^c	0.023	0.745	0.732	0.016
Valina	0.906 ^a	0.456 ^b	0.721 ^c	0.032	0.704	0.696	0.022
Fenilalanina	0.922 ^a	0.529 ^b	0.773 ^c	0.022	0.752	0.738	0.015
Metionina	0.936 ^a	0.405 ^b	0.821 ^c	0.028	0.748	0.698	0.019
Treonina	0.863 ^a	0.574 ^b	0.838 ^a	0.018	0.763	0.764	0.012
Aminoácidos no esenciales							
Acido aspártico	0.874 ^a	0.599 ^b	0.860 ^a	0.014	0.789	0.780	0.010
Acido glutámico	0.919 ^a	0.491 ^b	0.800 ^c	0.017	0.752	0.733	0.011
Serina	0.884 ^a	0.417 ^b	0.774 ^c	0.024	0.713	0.684	0.016
Glicina	0.835 ^a	0.754 ^a	0.910 ^b	0.018	0.839	0.837	0.013
Alanina	0.862 ^a	0.618 ^b	0.873 ^a	0.017	0.795	0.779	0.012
Tirosina	0.945 ^a	0.438 ^b	0.744 ^c	0.031	0.715	0.718	0.022
Cistina	0.762 ^a	0.755 ^a	0.904 ^b	0.015	0.817	0.804	0.011
Prolina	0.916 ^a	0.466 ^b	0.805 ^c	0.026	0.741	0.730	0.018

¹ C= Caseína, TC= Torta de Canola, TCP= Torta de Canola Paletizada, P1 = Periodo 1 (primera semana posdestete), P2 = Periodo 2 (segunda semana posdestete). EEM= Error Estándar de la Media. ^{abc} = Diferencias entre tratamientos (P<0.05). ^{AB} = Diferencias entre periodos (P<0.05)

DISCUSIÓN

Digestibilidad ileal aparente de las dietas experimentales. La disminución en la digestibilidad ileal aparente de la PC y AA de las diferentes dietas experimentales (Tabla 3), es un resultado directo de sustituir una fuente de proteína altamente digestible (caseína) con una de menor digestibilidad (torta de canola). La reducción en los CDIA de PC y AA cuando TC y TCP fueron incluidas en las dietas experimentales puede ser atribuida a la alta cantidad de fibra (17).

Esta característica ha sido asociada con altas pérdidas de compuestos nitrogenados en cerdos (18). Grala et al (19), demostraron que la fibra (FDN) de la canola, afecta considerablemente las

pérdidas ileales de nitrógeno dietario y endógeno en cerdos, ya que estos compuestos no son digeridos por la enzimas intestinales. Los animales jóvenes son más susceptibles a estos factores y muestran depresiones más severas cuando son expuestos a ellos. La inclusión de pectinas en la dieta disminuye los valores de digestibilidad ileal aparente de AA, debido a que sus propiedades de viscosidad y gelificación disminuyen la digestión y absorción de nutrientes por reducir la mezcla de los contenidos intestinales, interfiriendo con la unión de enzima-sustrato y por formar una capa de agua estática, que crea una barrera física a la absorción de nutrientes (20).

Además, estos componentes pueden interactuar con los AA liberados durante

la hidrólisis de la proteína, favoreciendo que algunos AA puedan escapar a la absorción en el intestino delgado llegando al íleon distal y luego al intestino grueso (21). Debido a lo anterior, estos componentes pueden disminuir los CDIA de los AA (22) por aumentar los niveles de PC y AA endógenos en íleon distal (7), incrementando la descamación y pérdida de células de la mucosa (23), y la proliferación de células epiteliales y de la mucosa (24).

Algunos factores antinutricionales presentes en la cáscara de la canola, en especial taninos (1), pueden disminuir los CDIA de la torta de canola, como lo mencionan para el caso del sorgo y del frijol. Los taninos dietarios pueden disminuir la digestibilidad de la PC y AA a través de diferentes mecanismos, incluyendo la formación de puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas de sus grupos hidroxilos con los grupos carbonilo de las proteínas dietarias, disminuyendo la actividad de la pepsina gástrica, de la tripsina, quimotripsina pancreática, y de las peptidasas intestinales del borde en cepillo, cambiando la morfología de la mucosa gastrointestinal, disminuyendo la absorción transmembranal de nutrientes, e incrementando las secreciones endógenas de proteína (25).

Al igual que en esta prueba, Nyachoti et al (26), encontraron que la glicina obtuvo los menores CDIA, debido posiblemente a sus bajos contenidos en la caseína. La diferencia en el efecto período encontrada en los CDIA de metionina puede deberse a un incremento en las secreciones endógenas, correspondiendo esto a un aumento en el consumo (27). Estudios realizados por Souffrant (28) muestran que la proteína secretada en los jugos pancreáticos e intestinales contiene una alta concentración de ácido aspártico, ácido glutámico, leucina y treonina, aunque los contenidos de aminoácidos azufrados en los jugos pancreáticos y en las mucinas son usualmente inferiores (29).

Los CDIA de PC y AA obtenida por el método de la diferencia para la TCP, fueron

superiores que para la TC (Tabla 4). Esa menor digestibilidad de la PC pudo deberse al contenido de proteína que se encuentra dentro de la fracción de fibra (componentes de la pared celular), ya que la cáscara de canola contiene aproximadamente 22.5% de PC (4), donde las enzimas digestivas tienen acceso restringido para la digestión. La mayor digestibilidad ileal aparente de la PC y AA de la TCP puede deberse a que el pelletizado (tratamiento térmico y proceso hidrotermal), pudo romper la matriz de las paredes celulares y modificar la estructura química de sus constituyentes, volviéndolos más susceptibles a la degradación enzimática en el intestino delgado, mejorando la digestibilidad y utilización de los nutrientes, especialmente la de los AA (30).

Digestibilidad ileal aparente de las materias primas. Los bajos CDIA de algunos AA de la TC como glicina, treonina y serina, se debe principalmente a sus concentraciones relativamente altas en las secreciones endógenas. La glicina es el mayor constituyente (ácido glicocólico) de las sales biliares, conformando más del 90% del contenido total de AA secretados en el jugo biliar de porcinos. Las sales biliares son degradadas en el íleon distal por las bacterias intestinales y aproximadamente el 90% es reabsorbida vía transporte activo, entrando a la circulación entero-hepática (28). Sin embargo, la glicina deconjugada escapa a esta reabsorción (31). La baja digestibilidad de treonina, puede deberse en parte, a su baja tasa de absorción en el intestino delgado. Además, basados en la especificidad de proteasas y peptidasas endógenas, treonina es el último AA liberado por la hidrólisis enzimática en la proteína (32). El nivel y tipo de fibra afectan la digestibilidad aparente de AA, ya que incrementan las pérdidas endógenas de AA. La adición de altos contenidos de FDN al alimento, incrementa la descamación de las células de la mucosa intestinal y aumenta la producción de mucinas. En lechones las pérdidas de nitrógeno endógeno por descamación son altas al destete y cuando comienzan a consumir

alimentos secos (33). Las mucinas representan cerca de un 95% de las glucoproteínas encontradas en íleon, las cuales son ricas en treonina, serina y prolina (29). Todos estos factores pueden tener grandes repercusiones en los lechones, ya que estos tienen una baja absorción en esta área (33). Esto podría explicar los altos CDIA de TCP sobre la TC observados en lechones, ya que el peletizado puede mejorar la matriz fibrosa de la TC, y reducir las pérdidas de nitrógeno endógeno (34). Un efecto similar fue observado cuando la TC fue descascarillada (35).

La diferencia en el efecto encontrada en la digestibilidad ileal aparente de lisina, pudo deberse a un incremento en las secreciones endógenas, correspondiendo

esto a un aumento en el consumo (27). Se ha observado que la fibra en ingredientes como cebada y pasta de canola, incrementa la secreción de lisina endógena (26). Como se mencionó anteriormente, la digestibilidad de la serina está afectada por la secreción de mucinas. Además la disminución en los CDIA de estos AA puede deberse a una disminución en la recuperación de AA endógenos.

En conclusión, la torta de canola tuvo una baja digestibilidad en los lechones recién destetados. Sin embargo, el peletizado la mejoró sustancialmente equiparando sus CDIA a los determinados en la dieta referencia (C). Debido a lo anterior, la torta de canola peletizada puede ser incluida en dietas de lechones en un 10% empleando los coeficientes reportados en este trabajo.

REFERENCIAS

- Bell JM. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Can J Anim Sci* 1993; 73:679-697.
- Näsi M, Siljander-Rasi H. Effects of thermal processing on digestibility and protein utilization of rapeseed meal of medium and low glucosinolate type in diets for growing pigs. *J Agric Sci Finland* 1991; 63:475-482.
- Castell AG, Cliplef RL. Evaluation of pea screening and canola meal as a supplementary protein source in barley-based diets fed to growing-finishing pigs. *Can J Anim Sci* 1993; 73:129-139.
- Bell JM. Nutritional evaluation of dehulled canola meal for swine. In *Research on canola seed, oil, and meal. The Tenth Project Report*. Winnipeg, MB: Canadian Council of Canola Research; 1993.
- Rojo GA, Pérez MVG, Bayardo UA, Correa CHJ, Cuarón IJA. Pasta de canola como suplemento proteico en dietas para la finalización de cerdos. *Téc Pecu Méx* 2001; 39:179-192.
- Fan MZ, Sauer WC. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *J Anim Sci* 1995; 7:2364-2374.
- Fan MZ, Sauer WC, Gabert VM. Variability of apparent ileal amino acid digestibility in canola meal for growing-finishing pigs. *Can J Anim Sci* 1996; 76:563-569.
- NRC. National Research Council. *Nutrients requirement of swine, 10th Revised Ed.* 1998.
- Pedersen C, Boisen S. Establishment of tabulated values for standardized ileal digestibility of crude protein and essential amino acids in common feedstuffs for pigs. *Acta Agric Scand A Anim Sci* 2002; 52:121-140.
- Reis de Souza TC, Melcion JP, Bourdon D, Giboulo G, Peiniau J, Aumaitre A. La graine de colza entière crue ou extrudée: une nouvelle source d'énergie et des protéines dans l'alimentation des porcelets. *Journées de la Recherche Porcine* 1990; 22:151-158.

11. Reis de Souza T, Mar BB, Mariscal LG. Canulación de cerdos posdestete para pruebas de digestibilidad ileal: desarrollo de una metodología. *Téc Pecu Méx* 2000; 38:143-150.
12. Baidoo SK, Mitaru BN, Aherne EX, Blair R. Canola meal as a protein supplement for early weaned pigs. *Anim Feed Sci Techno* 1987; 18:45-53.
13. AOAC. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists; 2002.
14. Fenton TW, Fenton M. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and faeces. *Can J Anim Sci* 1979; 59: 631-634.
15. Henderson JH, Ricker RD, Bidlingmeyer BA, Woodward C. Rapid, accurate and reproducible HPLC analysis of amino acids. Amino acid analysis using Zorbax Eclipse AAA columns and the Agilent 1100 HPLC. Agilent technologies Part No. 5980-1193E, 2000.
16. SAS. *SAS/STAT User's Guide* (Version 6, 4th Ed.). Cary NC: SAS Inst. Inc., 1990.
17. Mińkowski K. Influence of dehulling of rape seed on chemical composition of meal. *Anim Feed Sci Techno* 2002; 96:237-244.
18. Pedersen C, Boisen S, Fernández JA. Studies on the effect of dietary crude protein supply on the composition of ileal endogenous crude protein loss in growing pigs. *Acta Agric Scand A Anim Sci* 2002; 52:141-149.
19. Grala W, Verstegen MWA, van Leeuwen P, Huisman J, Jansman AJM, Tamminga S. Nitrogen balance of pigs as affected by feedstuffs causing different endogenous nitrogen flow at the terminal ileum. *Lives Prod Sci* 1997; 48:143-155.
20. Anderson JW, Deakins DA, Floore TL, Smith BM, Whitis SE. Dietary fiber and coronary heart disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1990; 29:95-147.
21. Grala W, Verstegen MWA, Jansman AJM, Huisman J, van Leeusen P. Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed soybean and rapessed products. *J Anim Sci* 1998; 76:557-568.
22. Mosenthin RH, Sauer WC, Ahrens F. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretions in growing pigs. *J Nutr* 1994; 124:1222-1229.
23. Mariscal-Landín G. Facteurs de variation de l'utilisation digestive des acides amines chez le porc. [Thèse de Doctorat]. France: Université de Rennes I; 1992.
24. Jin L, Reynolds LP, Redmer DA, Caton JC, Crenshaw JD. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. *J Anim Sci* 1994; 72:2270-2278.
25. Jansman AJM. Tannins in feedstuffs for single-stomached animals. *Nutr Res Rev* 1993; 6:209-236.
26. Nyachoti CM, De Lange CF, Schulze H. Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs using the homoarginine method. *J Anim Sci* 1997; 75:3206-3213.
27. Caine WR, Sauer WC, Tamminga S, Verstegen MWA, Schulze H. Apparent ileal digestibilities of amino acids in newly weaned pigs fed diets with protease-treated soybean meal. *J Anim Sci* 1997; 75:2962-2969.

28. Souffrant WB. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. MWA Verstegen, J Huisman, den Hartog, L.A. (eds.), Proc. of the 5th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. Pudoc, Wageningen: The Netherlands; 1991.
29. Neutra MR, Forstner JT. Gastrointestinal mucus: synthesis, secretion and function. L.R. Johnson (Eds.), Physiology of Gastrointestinal Tract, 2ed. New York, USA: Raven Press; 1987.
30. Näsi M. Digestibility and protein utilization responses of soybean and rapeseed meal to physical and enzymatic treatments in diets for growing pigs. J Agric Sci Finland 1991; 57:263-269.
31. Fan MZ, Sauer WC, de Lange CMF. Amino acid digestibility in soybean meal, extruded soybean and full-fat canola for early-weaned pigs. Anim Feed Sci Techno 1995; 52:189-203.
32. Low AG. Nutrient absorption in pigs. J Sci Food Agri 1980; 31:1087-1130.
33. Hedemann MS, Højsgaard S, Jensen BB. Small intestinal morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. J Anim Physiol Anim Nutr 2003; 87:32-41.
34. LaHaye L, Ganier P, Thibault JN, Sève B. Technological processes of feed manufacturing affect protein endogenous losses and amino acid availability for body protein deposition in pigs. Anim Feed Sci Techno 2004; 113:141-156.
35. Kracht W, Dänicke S, Kluge H, Keller K, Matzke W, Henning U, Schumann W. Effect of dehulling of rapeseed on feed value and nutrient digestibility of rape products in pigs. Arch Anim Nutr 2004; 58:389-404.